

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA PARA A SUSTENTABILIDADE  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS

GUILHERME RAPHAEL CAMARGO ARCANJO SILVA

**ÍNDICE DE INTEGRIDADE BIÓTICA PARA O MUNICÍPIO DE SOROCABA  
(SP) UTILIZANDO A COMUNIDADE DE PEIXES**

Sorocaba

2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA PARA A SUSTENTABILIDADE  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS

GUILHERME RAPHAEL CAMARGO ARCANJO SILVA

**ÍNDICE DE INTEGRIDADE BIÓTICA PARA O MUNICÍPIO DE SOROCABA  
(SP) UTILIZANDO A COMUNIDADE DE PEIXES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós –  
Graduação em Sustentabilidade na Gestão  
Ambiental, para a obtenção do título de Mestre  
em Sustentabilidade na Gestão Ambiental

Orientação: Prof. Dr. Maurício Cetra

Sorocaba  
2018

Raphael Camargo Arcanjo Silva, Guilherme

Índice de Integridade Biótica para o município de Sorocaba (SP) utilizando a comunidade de peixes / Guilherme Raphael Camargo Arcanjo Silva. – 2018. 52f. :30 cm

Dissertação (mestrado)-Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba

Orientador: Mauricio Cetra

Banca examinadora: Welber Senteio Smith, Alberto Luciano Carmassi

Bibliografia

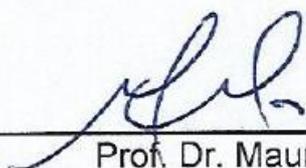
1. Ecologia de comunidades. 2. Peixes de riachos urbanos. 3. Índice de integridade Biótica. I. Orientador. II. Universidade federal de São Carlos. III. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

**GUILHERME RAPHAEL CAMARGO ARCANJO SILVA**

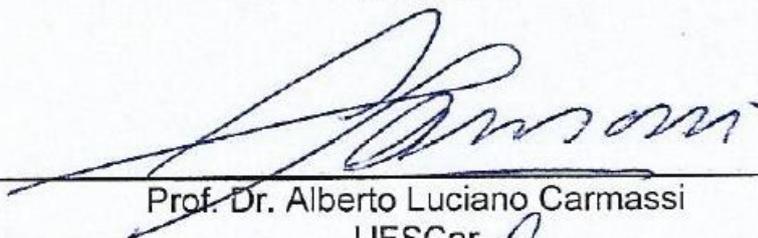
ÍNDICE DE INTEGRIDADE BIÓTICA PARA O MUNICÍPIO DE SOROCABA (SP)  
UTILIZANDO A COMUNIDADE DE PEIXES

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-  
Graduação em Sustentabilidade na Gestão  
Ambiental, para obtenção do título de Mestre  
em Sustentabilidade na Gestão Ambiental.  
Universidade Federal de São Carlos.  
Sorocaba, 5 de julho de 2018.



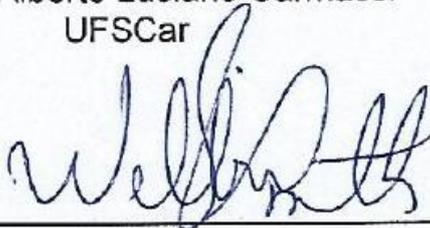
---

Prof. Dr. Mauricio Cetra  
UFSCar



---

Prof. Dr. Alberto Luciano Carmassi  
UFSCar



---

Prof. Dr. Welber Senteio Smith  
UNIP

“Nada na Biologia faz sentido exceto à luz da evolução.”

Theodosius Dobzhansky

## **Dedicatória**

José Miguel Arcanjo da Silva

Helena Maria de Camargo Silva

Anna Paula Simões Biseo

## AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos a todos que de alguma forma contribuíram para esta conquista, em especial:

Meu orientador Mauricio Cetra, que o considero como uma das maiores pessoas que tive o prazer de conhecer e que me deu a oportunidade para alcançar este sonho, onde me ensinou cada passo e cada conhecimento que aqui pude demonstrar. Aos professores George Mattox que se disponibilizou para identificação e confirmação das espécies de peixes coletadas durante o trabalho, Rogério Toppa e Eliana Leite por fazerem parte da banca de qualificação onde apresentaram críticas construtivas para a realização desta defesa.

Aos meus colegas de laboratório Rodrigo Almeida e Rayssa Guinato por todo apoio e disponibilidade, onde passei praticamente maior parte do tempo com conversas e discussões. Aos meus amigos Douglas Silva e Rogério Alves que me auxiliaram nas coletas por toda a cidade. Aos meus amigos e colegas de trabalho professores José Carlos Vasques, Janaína Salvá e Isabel Amaro que sempre me ajudaram com energias positivas. Também ao grande Rafael Ocanha pela disponibilidade e criação dos mapas e Pedro Rodrigues Busana pelos desenhos feitos exclusivamente para este trabalho.

A todos os moradores do município de Sorocaba e Iperó que sempre me incentivaram nas coletas, contribuindo com perguntas e atenção quanto ao trabalho que estava sendo realizado e por toda a atenção da secretaria do meio ambiente de Sorocaba.

A minha família que sempre esteve me ajudando e contribuindo para que este trabalho pudesse acontecer, principalmente meus avós, tios e primos.

Aos meus pais (José Miguel e Helena) que nunca mediram esforços para que este trabalho pudesse acontecer e que jamais hesitaram em nenhum momento em acreditar em mim, sempre me dando apoio meus eternos agradecimentos.

A todos os meus companheiros do mestrado, Mariana Victorino, Túlio Cesar, Fabricio Galvani, Suelen Rodrigues, Ariana Guimarães, Kleber Kachinski, Paula Reis, Renata Inês, Gabriella Paixão, Williana Angelo e Isadora Parada que me aguentaram até o último dia das aulas e pelo carinho e respeito comigo.

A secretária do curso PPGSGA Sandra Barros por todo o auxílio e disponibilidade junto a mim e meu orientador e a todos os professores do programa de pós – graduação, meus sinceros agradecimentos por todo conhecimento compartilhado.

## RESUMO

SILVA, Guilherme Raphael Camargo Arcanjo. Índice de Integridade Biótica para o município de Sorocaba (SP) utilizando a comunidade de peixes. 2018. 52 f. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade na Gestão Ambiental) – Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, Sorocaba, 2018.

O Índice de Integridade Biótica (IIB), tem sido uma ferramenta efetiva de biomonitoramento utilizando assembleias de peixes de água doce. Em países tropicais e subtropicais, no entanto, seu uso com o passar do tempo vem se desenvolvendo, apesar da adaptação nestas regiões ter se iniciado mais recentemente. Este estudo visou a criação de um Índice de Integridade Biótica para o município de Sorocaba – SP, onde tem a finalidade de auxiliar no monitoramento dos ambientes aquáticos da zona urbana usando como bioindicadores os peixes de riachos. Foram coletados 2492 indivíduos em um total de 27 trechos, sendo 23 na região urbana da cidade de Sorocaba e 4 próximos a Floresta Nacional de Ipanema em Iperó. Também foi aplicado em todos os trechos um protocolo ambiental para conferir pontuações as características físicas dos riachos e posteriormente usado para promover correlações entre as variáveis bióticas. Foram selecionadas 7 variáveis para comporem o Índice de Integridade Biótica sendo estas separadas em três grupos com capacidade de resposta, como diversidade de espécie, habitat e função trófica. Dois riachos foram classificados como excelentes (7,5%), cinco como bons (18,5%), cinco regulares (18,5%), oito pobres (29,5%), dois muito pobres (7,5%) e cinco sem peixe (18,5%). O índice de integridade biótica proposto para este trabalho apresentou correlação satisfatória entre as condições ambientais e as comunidades de peixes devido a presença de um gradiente ambiental capaz de generalizar impactos na região urbana do município de Sorocaba. Este trabalho demonstrou que estudos como este além de poder promover aplicabilidade e desenvolvimento de métodos para avaliações biológicas ambientais, também tem como consequência um melhor conhecimento da ictifauna local.

Palavras – chave: Índice de Integridade Biótica. Riachos urbanos. Comunidade de peixes.

## **ABSTRACT**

The Biotic Integrity Index has been an effective biomonitoring tool utilizing freshwater fish assemblages. In tropical and subtropical countries, however, its use over time has been developing, although adaptation in these regions has begun more recently. This study aimed at the creation of a Biotic Integrity Index for the municipality of Sorocaba - SP, where it aims to assist in the monitoring of aquatic environments in the urban zone using as bioindicators the fish of streams. A total of 2492 individuals were collected in a total of 27 stretches, 23 in the urban area of the city of Sorocaba and 4 in the Ipanema National Forest in Iperó. An environmental protocol was also applied in all the excerpts to verify the physical characteristics of the streams and later used to promote correlations between the biotic variables. Seven variables were selected to compose the Biotic Integrity Index, being separated into three groups with a response capacity, such as species diversity, habitat and trophic function. Two streams were classified as excellent (7.5%), five as good (18.5%), five regular (18.5%), eight poor (29.5%), two very poor (7.5%), and five without fish (18.5%). The biotic integrity index proposed for this work presented a satisfactory correlation between the environmental conditions and the fish communities due to the presence of a environmental gradient capable of generalizing impacts in the urban region of the city of Sorocaba. This work has demonstrated that studies like this one besides being able to promote applicability and development of methods for environmental biological evaluations, also has as consequence a better knowledge of the freshwater fishes.

**Key words:** Biotic Integrity Index. Urban streams. Fish community.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 UGRHI do estado de São Paulo.....	16
Figura 2 Área dos riachos do município de Sorocaba.....	18
Figura 3 Hidrografia do município de Sorocaba e Iperó com os trechos de coleta.....	18
Figura 4 Curva de rarefação baseada na abundância.....	21
Figura 5 Riachos sem captura de peixes .....	24
Figura 6 Riachos com a mata ripária degradada.....	25
Figura 7 Representação gráfica da ordenação dos pontos de coleta dos riachos urbanos de Sorocaba para os dados de abundância das espécies.....	31
Figura 8 Representação gráfica da ordenação dos pontos de coleta dos riachos urbanos de Sorocaba para os dados das variáveis ambientais.....	32
Figura 9 Gráfico de dispersão entre IIB e IFH.....	43

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Lista das espécies capturadas nos riachos urbanos do município de Sorocaba...	22
Tabela 2 Variáveis, categorias e escala de valores utilizados para avaliação ambiental dos riachos do município de Sorocaba – SP.....	26
Tabela 3 Pontuações que cada trecho apresentou seguindo o protocolo de avaliação ambiental.....	29
Tabela 4 Valores de riqueza (S), índice de diversidade de Shannon (H'), índice de equabilidade de Pielou (J'), índice de riqueza de Margalef (Mg), número total de indivíduos (N).....	30
Tabela 5 Resultados da análise de componentes principais utilizando os dados da estrutura do habitat e qualidade da água para os eixos 1 e 2.....	31
Tabela 6 Classificação das espécies amostradas de acordo com os atributos relacionados a posição na coluna d'água.....	37
Tabela 7 Variáveis candidatas para o Índice de Integridade Biótica e a capacidade de resposta em ambiente degradado.....	39
Tabela 8 Pontuação que cada amostra apresentou seguindo o protocolo do IFH.....	40
Tabela 9 Variáveis do IIB e valores escolhidos para os riachos do Município de Sorocaba.....	42
Tabela 10 Descrição detalhada da integridade biótica dos riachos, valores do IIB e número de riachos por categorias.....	42

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

EMPLASA Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano

INMET Instituto Nacional de Meteorologia

UFSCar Universidade Federal de São Carlos

IIB Índice de Integridade Biótica

UGRHI Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos

PMMA Plano de Manejo da Mata Atlântica

SIGRH Sistema Integrado de Gestão de Recursos Humanos

ICMBio Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

IBAMA Instituto Brasileiro do Meio Ambiente

IFH Índice Físico de Habitat

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
2.1 ÁREA DE ESTUDO.....	15
2.2 COLETA DE PEIXES.....	19

### CAPÍTULO 1: ICTOFAUNA DA REGIÃO URBANA DE SOROCABA

3. INTRODUÇÃO.....	19
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	20
4.1 ANÁLISE DE DADOS.....	20
5. RESULTADOS.....	20
6. DISCUSSÃO.....	22

### CAPÍTULO 2: ESTRUTURA DA COMUNIDADE DE PEIXES DOS RIACHOS URBANOS DE SOROCABA

7. INTRODUÇÃO.....	24
8. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
9. RESULTADOS.....	27
10. DISCUSSÃO.....	31

### CAPÍTULO 3: ÍNDICE DE INTEGRIDADE BIÓTICA (IIB) PARA A CIDADE DE SOROCABA

11. INTRODUÇÃO.....	33
12. MATERIAL E MÉTODOS.....	35
13. RESULTADOS.....	38
14. DISCUSSÃO.....	42
15. CONCLUSÃO.....	44
16. REFERÊNCIAS.....	46

ANEXO I

ANEXO II

## 1. Introdução

A América do Sul contém a mais rica e variada ictiofauna de água doce do mundo, porém, muito dessa diversidade ainda é desconhecida, tanto na sua composição quanto em aspectos ecológicos, biológicos e taxonômicos. Essa riqueza de espécies, entretanto, tem sido afetada por alterações antrópicas dos ambientes naturais (CAMPOS & CASTRO, 2014). As águas doces do estado de São Paulo concentram-se em quatro bacias hidrográficas, sendo a maior delas o Alto Paraná, seguida pelo Ribeira de Iguape, Paraíba do Sul e um conjunto de pequenas drenagens situadas numa estreita faixa litorânea que fluem diretamente para o oceano Atlântico e compõem as Drenagens Costeiras ou Bacia Litorânea (OYAKAWA & MENEZES, 2010).

A bacia do Alto Paraná está quase que inteiramente incluída no bioma do Cerrado, com exceção da sub-bacia do Alto Tietê que, desde a sua nascente em Salesópolis até Pirapora do Bom Jesus e Santana do Parnaíba, drena áreas de Mata Atlântica (OYAKAWA & MENEZES, 2010). O rio Sorocaba é um tributário da margem esquerda do rio Tietê, apresentando uma área de drenagem de 5.269 km<sup>2</sup>, está cercado por 22 cidades e faz parte da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI 10 – Sorocaba/Médio Tietê.

Atividades antrópicas como a retirada da vegetação nativa principalmente nas regiões urbanas, tem promovido profundas modificações nas estruturas físicas e químicas dos corpos d'água, causando influências negativas as comunidades de peixes ali presentes. Algumas destas influências estão correlacionados com o aumento de poluentes jogados nos rios e riachos, enquanto outros estão associados as mudanças da hidrodinâmica da bacia hidrográfica devido ao uso do solo, modificações do habitat e alterações da zona ripária responsável pelas fontes de energia que sustentam os ambientes aquáticos em regiões de cabeceiras (ARAUJO, 1998).

Existe atualmente uma grande preocupação com o efeito das alterações antrópicas sobre os sistemas aquáticos e sua biota associada. Contudo, medir de forma precisa o impacto das ações antrópicas e suas alterações nos ambientes naturais é difícil (JARAMILLO-VILLA & CARAMASCHI, 2008). Os impactos que as ações antrópicas causam aos ambientes lóticos levam à perda da qualidade e dificultam a manutenção da integridade e sustentabilidade desses ecossistemas (KARR, 1999). As abordagens de avaliação da qualidade da água empregam descritores físicos e químicos e informações

sobre a biota aquática em diferentes níveis de organização. Além disso, a estrutura física do habitat também deve ser considerada na avaliação da qualidade desses ecossistemas, pois influenciam na estrutura e composição das comunidades biológicas, como a qualidade do substrato, estado de preservação da zona ripária, variações hidromorfológicas e estabilidade das margens (GORMAN & KARR, 1978).

A urbanização e a ocupação irregular de áreas de mananciais e nascentes de rios, que ocorre com significativa frequência em centros urbanos, acarretam alterações na dinâmica das populações ali existentes e modificam o ciclo hidrológico de toda a bacia hidrográfica, sendo que este processo de ocupação e degradação pode até mesmo acarretar a extinção local de espécies devido ao desaparecimento dos mesohabitats presentes nos ambientes aquáticos (BASTOS & ABILHOA, 2004).

As comunidades de peixes apresentam algumas vantagens como organismos indicadores nos programas de monitoramento biológico de ambientes aquáticos, citando dentre estas a disponibilidade de informações do número de espécies, por incluírem uma variedade de níveis tróficos (onívoros, herbívoros, insetívoros, planctívoros e carnívoros), sendo esta classificação usada para alimentos tanto de origem aquática como terrestre. A posição de peixes no topo da cadeia alimentar em relação a outros indicadores de qualidade de água, como diatomáceas e invertebrados, favorece uma visão integrada do ambiente aquático.

Este trabalho teve como objetivo em um primeiro momento trazer um as espécies de peixes presentes na região urbana de Sorocaba, ou seja, fazer um levantamento da ictiofauna do município. Posteriormente foi feito uma análise, na qual aplicamos métodos ecológicos para composição da ictiofauna com variáveis ambientais dos riachos urbanos. Por fim foi feito a criação de um índice de integridade biótica para a cidade de Sorocaba, onde usamos os dados da ictiofauna e as variáveis ambientais para a construção do índice.

## **2. Material e Métodos**

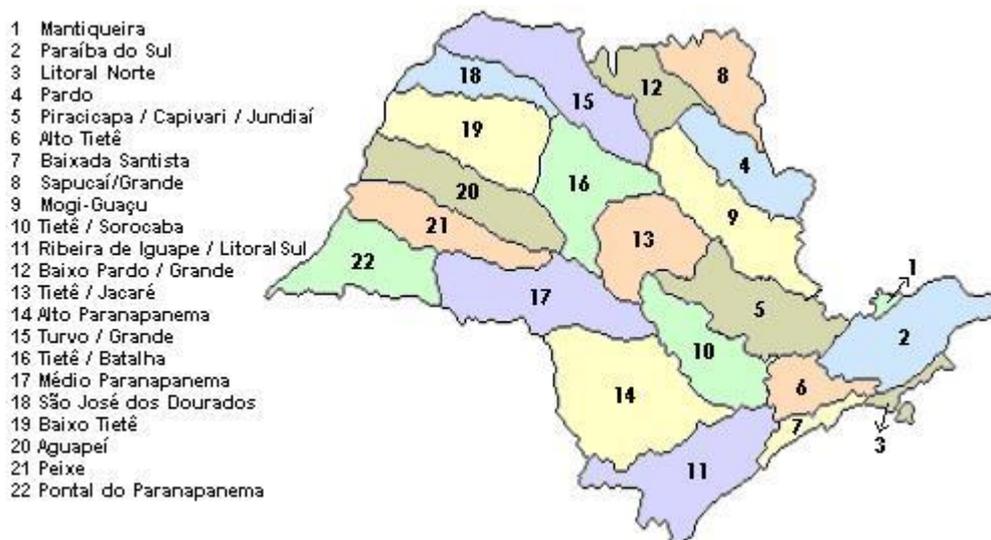
### **2.1 Área de Estudo**

Sorocaba está situada no interior do Estado de São Paulo entre as coordenadas 23°21' e 23°35' de Latitude Sul e 47°17' e 47°36' de Longitude Oeste, o que a faz ser atravessada pelo Trópico de Capricórnio. A cidade localiza-se na região sudeste do estado de São Paulo a 92 quilômetros de distância da capital do Estado. As principais rodovias

que cortam o município são a Castelo Branco (SP-280) e a Raposo Tavares (SP-270). O principal rio que atravessa a cidade é o Rio Sorocaba, principal afluente da margem esquerda do Rio Tietê (PMMA – Sorocaba, 2014).

Sorocaba está inserida na Unidade Hidrográfica de Gerenciamento dos Recursos Hídricos 10 – UGRHI 10, localizada no centro-sudeste do estado de São Paulo sendo constituída pela Bacia do Rio Sorocaba e de tributários de menor ordem, e pela bacia do Médio-Tietê. A UGRHI 10 é dividida em 06 sub-bacias: Médio-Tietê Superior, Médio-Tietê Médio, Médio-Tietê Inferior, Alto Sorocaba, Médio Sorocaba e Baixo Sorocaba, com a bacia do Médio-Sorocaba apresentando os principais índices de concentração populacional e industrialização de toda a UGRHI (figura 1) (PMMA – Sorocaba, 2014).

A bacia do rio Sorocaba (SP) esta inserida em dois biomas brasileiros, o cerrado e a mata atlântica. Devido a esta presença em um trecho de intersecção entre biomas, é classificada como um ecótono, ou seja, uma região que apresenta características de ambos os biomas e conseqüentemente com diferentes características ambientais. A drenagem deste rio abastece água para onze municípios da região como Ibiúna, Mairinque, Alumínio, Votorantim, Sorocaba, Porto Feliz, Iperó, Boituva, Araçoiaba, Cerquilha e Capela do Alto (SIGRH, 2000), além de fornecer água para irrigação de culturas como caqui, abacate, laranja e tangerina (Secretaria de Desenvolvimento Econômico e Trabalho de Sorocaba, 2015).

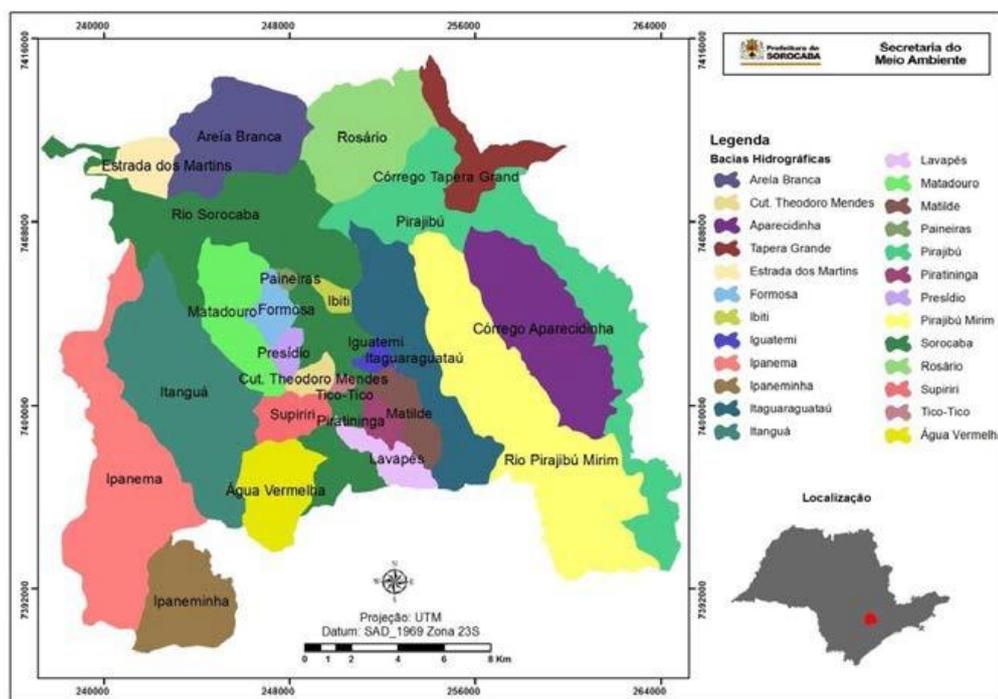


**Figura 1.** UGRHI do estado de São Paulo

Fonte: Sanasa (2006)

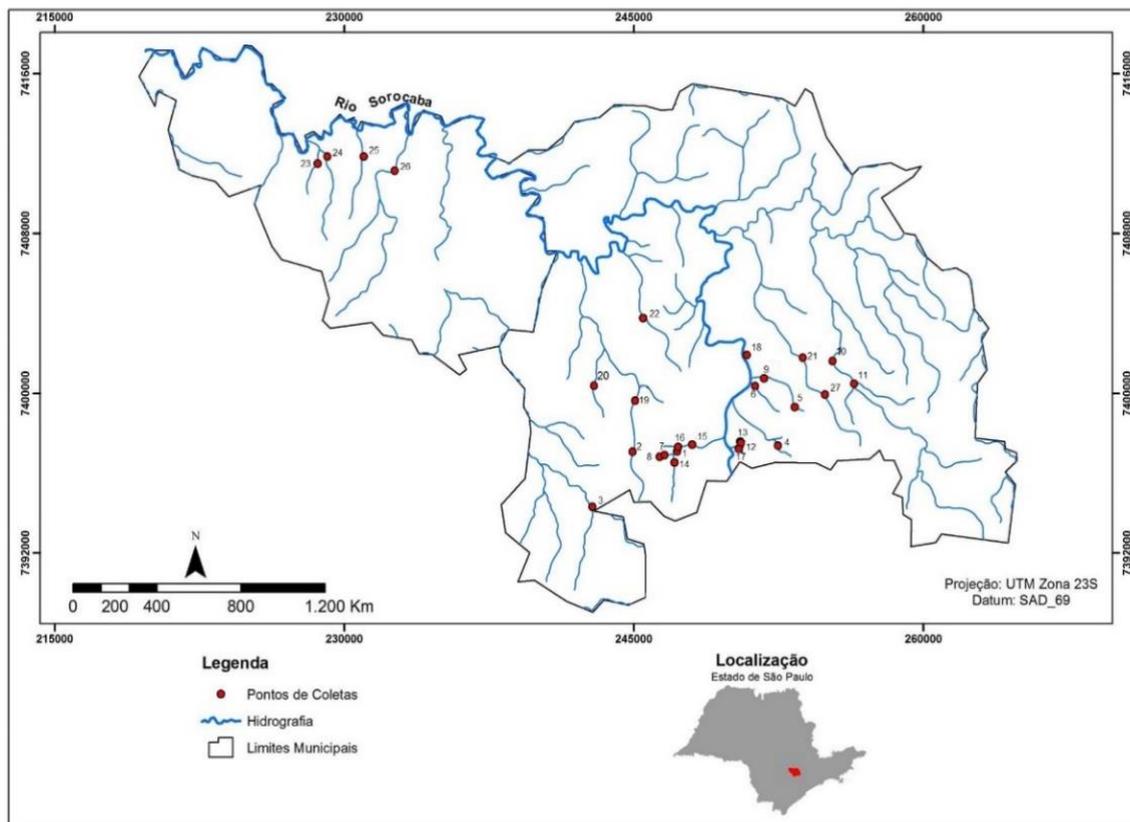
Muitos córregos foram canalizados devido ao crescimento da cidade. No início da década de 2010, Sorocaba abrigava os seguintes córregos nas áreas urbana e rural: Água Vermelha; Supiriri; Lavapés; Piratininga; Matilde; Tico-tico; Curtume; Presídio; Formosa; Pitico; Itanguá; Barcelona; Leocádia; Dois Corações; Retiro São João; Ibiti do Paço; Parque São Bento; Itavuvu; Paineiras; Santa Lúcia; Brasilândia; Santa Fé; Rogério Rodrigues; Pinheiros; Areia Branca; Santa Flávia; Olho d'Água; Tortas; Martins; Oliveiras e Pirajibu (figura 2).

Este trabalho foi realizado em dois municípios, sendo o principalmente na região urbana da cidade de Sorocaba, onde foram amostrados 23 trechos (figura 3). Os outros 4 trechos foram feitos na região rural do município de Iperó devido à presença próxima da Floresta Nacional de Ipanema, uma área que tem a finalidade de conservar e restaurar os remanescentes de vegetação nativa do domínio de mata atlântica. Situada no Morro Araçoiaba, seus ambientes estão associados a atributos naturais, históricos e culturais, promovendo o manejo florestal, o uso público, integração socioambiental e pesquisa (ICMBio, 2009). A escolha desta área para o complemento do trabalho se justifica devido a sua conservação e preservação ambiental em relação as regiões urbanas próximas, promovendo assim uma área referência para o construção de dados finais (figura 4).



**Figura 2.** Área dos riachos do município de Sorocaba

Fonte: Secretaria do Meio Ambiente (2011)



**Figura 3.** Hidrografia do município de Sorocaba e Iperó com os pontos de amostragem

Fonte: Rafael Ocanha (2016)

## 2.2 Coleta de peixes

Durante o período de estiagem de 2016 (Agosto – Outubro) amostramos a ictiofauna em vinte e três trechos de riachos urbanos. As coletas foram realizadas em trechos de 70 metros entre as 8h e 17h sem uso de redes de contenção utilizando um aparelho de pesca elétrica (“backpack” LR-24 Smith Root) (Licença nº 13352-1 SISBIO/IBAMA/MMA).

Após a coleta, a ictiofauna foi devidamente anestesiado em solução 4,5 mg/ml de cloridrato de lidocaína; fixada em formol 4% por 48 h e posteriormente transferida para álcool 70%. Os espécimes foram identificados e fazem parte da coleção de peixes da UFSCar em Sorocaba.

---

## Capítulo 1

### Ictiofauna da região urbana de Sorocaba

---

### 3. Introdução

Riachos de cabeceiras são considerados as regiões mais bem estudadas em termos de sua ictiofauna (FAGUNDES et al., 2015). O alto Paraná comprova a ocorrência de uma fauna bastante diversificada, todavia, segundo Langeani (2007), espécies viventes em regiões de cabeceira ainda não foram descritas, mostrando que os levantamentos realizados no alto Paraná ainda são incompletos, evidenciando a importância de trabalhos concentrados em esforços de amostragem nessa bacia.

No estado de São Paulo existem cerca de 400 espécies de peixes que correspondem a aproximadamente 15% da riqueza de espécies estimada para território brasileiro (OYAKAWA & MENEZES, 2010). Isso se deve, entre outros fatores, à vasta rede de extensão e rede hidrológica complexa presente no estado, incluindo algumas das maiores drenagens de rios do país (FAGUNDES et al., 2015).

Na bacia do rio Sorocaba foram registradas 71 espécies de peixes (SMITH et al., 2007) e para o município de Sorocaba Smith et al. (2009) relataram 38 espécies representadas, principalmente, pelas ordens Characiformes e Siluriformes. Os riachos urbanos do município e sua ictiofauna sofrem influência direta de ações antrópicas devido ao processo de urbanização e crescimento desordenado do tamanho populacional humano. Devido à poluição e ao desmatamento da vegetação ripária observa-se um declínio na riqueza de espécies na bacia do rio Sorocaba (SMITH, 2009). Muitos córregos urbanos foram canalizados devido ao crescimento da cidade de Sorocaba. Na zona urbana existem por volta de 40 córregos sendo que os mais importantes são os da Água Vermelha, Supiriri, Formosa, Matadouro, Itanguá, Lavapés, Piratininga, Matilde, Presídio, Curtume e Tico-Tico (MANFREDINI et al., 2015). O presente trabalho teve como objetivo inventariar as espécies de peixes que ocorrem nos riachos urbanos de Sorocaba.

## 4. Material e Métodos

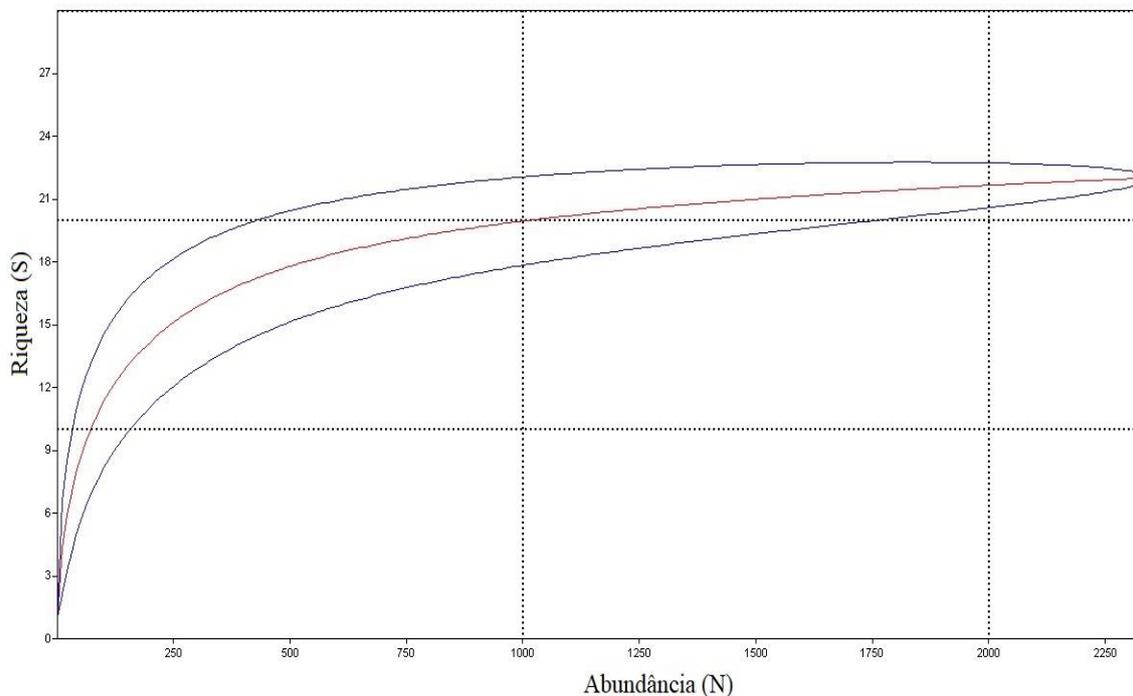
### 4.1 Análise de dados

Foi calculada a estimativa “Chao2” para a riqueza de espécies ( $\hat{S}$ ) dos riachos urbanos e aplicada uma curva de rarefação para verificar a eficiência da amostragem.

## 5. Resultados

Foram coletados 2348 indivíduos, representando 22 espécies, 10 famílias e 6 ordens (Tabela 1). Characiformes foi a ordem com maior riqueza (36%) seguida por Siluriformes (27%), Perciformes (18%), Cyprinodontiformes (9%), Gymnotiformes (5%) e Synbranchiformes (5%).

A riqueza estimada ( $\hat{S}_{\text{Chao 2}}$ ) foi de 18,23 espécies, com desvio padrão de  $\pm 0,71$  espécies para os riachos da bacia do rio Sorocaba. Através da curva de rarefação pode-se visualizar a tendência a atingir uma assíntota na estimativa da riqueza (Figura 4).



**Figura 4.** Curva de rarefação baseada na abundância

**Tabela 1.** Lista das espécies capturadas nos riachos urbanos do município de Sorocaba.

\* espécies exóticas.

Ordem / Família / <i>Espécie</i> – nome popular
Characiformes
Characidae
<i>Astyanax lacustris</i> (Alac) (Lütken, 1875) – lambari-de-cauda-amarela
<i>Astyanax bockmanni</i> (Aboc) Vari & Castro, 2007 - lambari
<i>Astyanax fasciatus</i> (Afas) (Cuvier, 1819) – lambari-de-cauda-vermelha
<i>Astyanax scabripinnis</i> (Asca) Eigenmann, 1908 - lambari
<i>Bryconamericus sp</i> (Bsp)- pequirá
<i>Hyphessobrycon bifasciatus</i> (Hbif) Ellis, 1911
Curimatidae
<i>Cyphocharax modestus</i> (Cmod) (Fernández-Yépez, 1948) – saguirú
Erythrinidae
<i>Hoplias malabaricus</i> (Hmal) (Bloch, 1794) – traíra
Cyprinodontiformes
Poeciliidae
<i>Phalloceros harpagos</i> (Phar) Lucinda, 2008 - barrigudinho
<i>Poecilia reticulata</i> (Pret) Peters, 1859* - guarú
Gymnotiformes
Gymnotidae
<i>Gymnotus sylvius</i> (Gsyl) Albert & Fernandes-Matioli, 1999 – tuvira
Perciformes
Cichlidae
<i>Australoheros facetus</i> (Afac) (Jenyns, 1842)
<i>Crenicichla britskii</i> (Cbri) Kullander, 1982 - joaninha
<i>Geophagus brasiliensis</i> (Gbra) (Quoy & Gaimard, 1824) - cará
<i>Oreochromis niloticus</i> (Onil) (Linnaeus, 1758) * - tilápia-do-nilo
Siluriformes
Callichthyidae
<i>Callichthys callichthys</i> (Ccal) (Linnaeus, 1758) - caborja
<i>Corydoras aeneus</i> (Caen) (Gill, 1858) - caborja
Heptapteridae
<i>Imparfinis mirini</i> (Imir) Haseman, 1911 - bagrinho
<i>Pimelodella avanhandavae</i> (Pava) Eigenmann, 1917 - mandi
<i>Rhamdia quelen</i> (Rque) (Quoy & Gaimard, 1824) – bagre
Loricariidae
<i>Hypostomus ancistroides</i> (Hanc) (Ihering, 1911) - cascudo
Synbranchiformes
Synbranchidae
<i>Synbranchus marmoratus</i> (Smar) Bloch, 1795 - muçum

## 6. Discussão

Para a bacia do rio Sorocaba, foram registradas cinco espécies introduzidas *Triportheus nematurus*, *Pterygoplichthys anisitsi*, *Oreochromis niloticus*, *Tilapia rendalli* e *Poecilia vivipara* (BIAGIONI et al., 2013). No nosso levantamento, 92% das espécies são nativas da bacia do Rio Paraná e 8% são introduzidas, sendo *Poecilia reticulata* de origem da região da Venezuela e América Central e *Oreochromis niloticus* originária da África.

Dos 23 trechos de riachos urbanos, cinco riachos não apresentaram peixes, sendo dois destes com forte presença de poluição química, como esgoto doméstico e poluição sólida, como objetos plásticos (Figura 5). Já os outros três apresentaram alta ação antrópica na mata ripária original, sendo preservada apenas uma pequena parte ou retirada totalmente (Figura 6).

Este estudo preenche parte da lacuna de conhecimento sobre peixes de pequenos riachos urbanos da bacia do alto Paraná. Os inventários da fauna de peixes desses cursos de água de baixa ordem são importantes porque destacam sua relevância em biodiversidade, incluindo um possível número significativo de novas espécies. Como tal, estes tipos de trabalhos podem ajudar a informar futuras estratégias de conservação para riachos de cabeceiras presentes em regiões urbanas (FAGUNDES et al., 2015).



**Figura 6.** Riachos sem captura de peixes



**Figura 7.** Riachos com a mata ripária degradada

---

## Capítulo 2

### Estrutura da comunidade de peixes urbanos de Sorocaba

---

#### 7. Introdução

Um tema central em conservação, são os efeitos dos impactos humanos no ecossistema e em sua biodiversidade. A mata ripária apresenta um efeito previsível no controle da variação ambiental e na composição funcional das assembleias de peixes de riacho, na qual a sua retirada pode reduzir a entrada da quantidade de material para o ecossistema, afetando a qualidade da água. Com a retirada da mata ripária, o processo de erosão ocorre de maneira acelerada, contribuindo para a sedimentação do riacho e consequentemente desaparecimento dos habitats complexos, ou seja, promove uma alteração na velocidade da água do canal e diminui a quantidade de mesohabitats (corredeiras, rápido e poções) do riacho (CRUZ et al., 2013).

O aumento da perturbação e modificação dos habitats naturais promovem a mudança da abundância e composição das espécies de peixes, na qual estudos como Peressin & Cetra (2014) demonstraram que espécies generalistas oportunistas começam a ser predominantes nestes ecossistemas devido a remoção de ambientes naturais, alterando a disponibilidade de alimento, promovendo assim as mudanças esperadas na estrutura trófica, como por exemplo a retirada de peixes bentônicos devido a mudança do substrato e também de invertívoros que dependem da mata ripária como fonte de alimento. No estudo de Teresa et al. (2015), os autores discutiram as consequências que a retirada de mesohabitats como corredeiras e poções podem promover, diminuindo a diversidade de espécies devido a abundância de espécies oportunistas que são capazes de explorar nichos ecológicos vagos em consequência de desmatamentos e retirada de espécies especialistas. Com isso, a urbanização das bacias hidrográficas e a redução da cobertura florestal podem exercer impactos negativos junto a assembleia de peixes, na qual modificam o habitat físico, onde construções de pontes e encanamentos podem promover a simplificação da estrutura do canal devido à sedimentação, bem como o aumento da temperatura e da produção primária pela maior incidência de luz (FERREIRA & CASATTI, 2006).

Em geral, a perda da estrutura física dos riachos é a principal causa do declínio da biodiversidade, pois o habitat é um importante elemento para a manutenção das populações de peixes. A composição de substrato, mata ripária, estabilidade da margem e variedade de mesohabitats podem influenciar na abundância e composição das espécies (CETRA & PETRERE JR, 2007; TERESA et al., 2015). Este trabalho teve como objetivo verificar as relações entre as assembleias de peixes e as características ambientais de riachos urbanos da cidade de Sorocaba.

## 8. Material e Métodos

Para a caracterização ambiental foi aplicado um protocolo de avaliação ambiental adaptado de Barbour et al. (1999) (Tabela 2). Avaliamos nove variáveis para descrever a qualidade dos trechos de riachos: estabilidade do substrato, variabilidade na velocidade e na profundidade, estabilidade do fluxo, deposição de sedimento, combinação de poções rápido e corredeira, alteração do canal, cobertura vegetal, estabilidade da vegetação marginal e estabilidade das margens. O índice de integridade física (IFH) é resultado da soma dos valores de cada variável, podendo atingir o máximo de 180 pontos.

**Tabela 2.** Variáveis, categorias e escala de valores utilizados para avaliação ambiental dos riachos do município de Sorocaba – SP (adaptado de Barbour et al., 1999).

Descritores	Bom	Regular	Pobre	Muito Pobre
1 - Estabilidade do substrato	> 70% do substrato favorável à colonização; mistura de troncos e galhos submersos ou outros substratos estáveis como grandes rochas.	40 a 70% de substrato favorável à colonização. Presença de substratos adicionais recém caídos.	20 a 40% de substrato favorável à colonização devido a remoção de substratos favoráveis.	< 20% de substratos estáveis. Ausência óbvia de habitats.
2 - Variabilidade na velocidade e na profundidade	Presença dos 4 tipos de combinações: Lento/Fundo; Lento/Raso; Rápido/Fundo e Rápido/Raso.	3 dos 4 padrões presentes.	2 dos 4 padrões presentes.	Dominado por apenas um tipo de configuração (em geral Lento/Fundo).

3 - Estabilidade do fluxo	A água alcança a altura dos bancos laterais. Mínimo de substrato exposto no leito do canal.	A água alcança 75% do canal em potencial.	A água alcança de 25 a 75% do canal em potencial, deixando parte do leito exposto.	Pouca água no canal, a maioria composta por pequenas poças.
4 - Deposição de sedimento	Pouca ou nenhuma ilha formada por sedimento e menos de 5% do substrato afetado por deposição de sedimentos finos.	5 a 30% do substrato afetado por deposição. Leve deposição nos poções.	30 a 50% do substrato afetado por deposição. Deposição acumulada em obstruções do canal e moderada deposição nos poções.	> 50% do substrato afetado por deposição. Poções quase ausentes devido a depósito de sedimentos finos.
5 - Combinação de poções, rápidos e corredeiras	Presença de rápidos, corredeiras e pequenos poços marginais.	Rápidos mais predominantes que corredeiras e pequenos poços.	Rápidos e pequenos poços.	Apenas rápidos.
6 - Alteração do canal	Canalização ou estabilização das margens ausentes.	Pequenas canalizações geralmente próximo à pontes.	Canalização evidente, e estabilização artificial das margens. 40 a 80% do trecho canalizado ou alterado.	Acima de 80% do trecho canalizado e/ou alterado.
I - Escala	20 19 18 17 16	15 14 13 12 11	10 9 8 7 6	5 4 3 2 1 0
7 - Cobertura vegetal	Vegetação ripária preservada, acima de 20 m de largura para ambas as margens. Nível de sombreamento acima de 76%.	Vegetação ripária preservada ou parcialmente preservada entre 16 e 20 m de extensão para ambas as margens. Nível de sombreamento entre 51 e 100%.	Vegetação ripária preservada ou parcialmente preservada com 6 a 14 m para ambas as margens. Nível de sombreamento entre 26 e 50%.	Vegetação ripária preservada ou parcialmente desmatada com até 5 m ou vegetação natural ausente, completamente substituída por pasto, agricultura e/ou ocupação urbana. Nível de sombreamento entre 0 e 25%.

8 - Estabilidade da vegetação marginal	> 90% das margens protegidas por vegetação natural estáveis, incluindo árvores, arbustos, rochas ou troncos.	70 a 90% das margens protegida por vegetação estável nativa, mas sem predomínio de nenhuma classe.	50 a 70% das margens protegida por vegetação estável nativa. Alteração óbvia e manchas de solo exposto.	< 50% das margens coberta por vegetação ou estruturas estáveis.
9 - Estabilidade das margens	Estável. 0 a 10% de evidência de erosão.	Moderadamente estável. 10 a 30% do trecho apresentando áreas de erosão.	Moderadamente instável. 30 a 50% das margens com áreas de erosão. Alto potencial erosivo em épocas de cheias.	Instável. Acima de 50% de áreas erodidas.
II - Escala	10 9	8 7 6	5 4 3	2 1 0

Para medir a diversidade de espécies foram aplicados o índice de riqueza de espécies de Margalef (Mg) e dois índices baseados na abundância proporcional das espécies: Shannon (H') e Pielou (J'). Foi aplicada uma análise de componentes principais (ACP) para os dados ambientais. Para os dados bióticos foi aplicada uma análise NMDS (non-metric multidimensional scaling) utilizando o índice de similaridade de Bray-Curtis. Para verificar se existe correlação entre a matriz de dados ambientais e bióticos aplicou-se um teste de Mantel.

## 9. Resultados

Dentre os 23 trechos de coleta, aquele que apresentou o maior valor de IFH foi o P10, com 142 pontos (Tabela 3). Em contrapartida o trecho que apresentou o menor valor de IFH foi o P6, com 29 pontos. A variável com maior mediana foi deposição de sedimento (V4), com valor de 13 pontos. Já as variáveis com maior amplitude foram estabilidade do substrato (V1) e variabilidade na velocidade e na profundidade (V2), com valor de 20 pontos.

**Tabela 3.** Pontuações que cada trecho apresentou seguindo o protocolo de avaliação ambiental.

Pontos (nº)	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	IFH
(P10)	19	20	20	20	20	15	9	9	10	142
(P3)	15	18	19	15	20	14	10	10	10	131
(P21)	20	14	19	20	15	15	5	10	10	128
(P27)	17	15	16	16	18	15	9	8	10	124
(P5)	13	11	15	15	8	15	4	9	9	99
(P22)	9	13	15	15	18	14	4	4	6	98
(P11)	13	2	14	17	3	15	9	9	9	91
(P14)	13	14	7	10	14	10	5	7	9	89
(P4)	13	11	11	8	10	13	4	7	6	83
(P17)	9	10	12	11	9	11	3	3	4	72
(P15)	7	6	17	18	8	8	3	1	3	71
(P1)	7	13	10	8	10	15	2	1	3	69
(P9)	7	4	14	15	3	15	1	3	3	65
(P16)	8	7	12	10	6	11	1	1	7	63
(P2)	8	8	8	8	8	8	4	4	4	60
(P19)	10	3	11	10	8	10	1	2	3	58
(P8)	7	13	6	6	9	6	1	1	3	52
(P13)	0	0	6	16	6	9	4	2	4	47
(P20)	8	4	10	10	2	7	2	1	1	45
(P18)	1	1	6	13	6	12	1	1	1	42
(P12)	1	1	7	16	3	6	2	1	3	40
(P7)	6	3	3	6	6	7	1	2	1	35
(P6)	2	1	6	2	4	6	2	4	2	29
Mediana	8	8	11	13	8	11	4	4	4	69
Amplitude	20	20	18	18	18	12	9	9	9	115

V1 = estabilidade do substrato; V2 = variabilidade na velocidade e na profundidade; V3 = estabilidade do fluxo; V4 = deposição de sedimento; V5 = combinação de poções rápido e corredeira; V6 = alteração do canal; V7 = cobertura vegetal; V8 = estabilidade da vegetação marginal; V9 = estabilidade das margens

A maior riqueza de espécies ocorreu no trecho P10 com 13 espécies, sendo também o local de maior índice de diversidade ( $H' = 2,12$ ). O trecho com maior índice de riqueza de Margalef foi P09 ( $Mg = 2,87$ ) (Tabela 4).

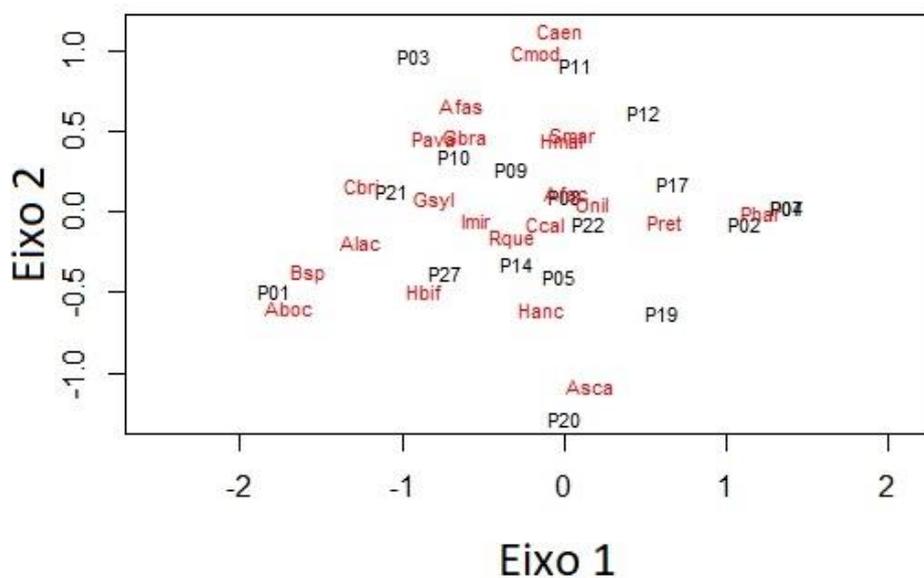
**Tabela 4.** Valores de riqueza (S), índice de diversidade de Shannon ( $H'$ ), índice de equabilidade de Pielou ( $J'$ ), índice de riqueza de Margalef (Mg), número total de indivíduos (N).

Ponto	S	$H'$	$J'$	Mg	N
P10	13	2,12	0,82	2,51	118
P14	11	1,57	0,65	1,84	225
P09	10	2,08	0,90	2,87	23
P27	9	1,48	0,67	1,88	69
P08	7	1,30	0,66	1,45	62
P05	7	1,22	0,62	1,51	52
P22	6	1,03	0,57	0,82	419
P21	6	0,89	0,50	0,91	230
P11	5	1,15	0,71	1,07	41
P12	4	0,79	0,56	0,85	33
P17	4	0,65	0,47	0,43	977
P01	3	0,26	0,24	0,56	34
P19	3	0,77	0,70	0,65	21
P03	2	0,68	0,98	0,51	7
P20	2	0,56	0,81	0,72	14
P02	2	0,25	0,37	0,37	4
P07	1	0	0	0	14
P04	1	0	0	0	5

Na representação gráfica da NMDS pode-se observar que uma extremidade do eixo 1 ficaram os trechos 27, 21, 10 e 01 mais similares, pois foram capturados *Astyanax lacustris*, *Bryconamericus* sp. e *Gymnotus sylvius* e no outro extremo os trechos 07, 02 e 17, devido à similaridade na composição com *Phalloceros harpagus*, *Poecilia reticulata* e *Oreochromis niloticus* (Figura 7).

Para os dados ambientais, a porcentagem de explicação acumulada na ACP foi de 70% (Tabela 5). Para o eixo 1, em uma extremidade estão os pontos 03, 10, 21 e 27 associado aos maiores valores de estabilidade do substrato (V1), estabilidade do fluxo

(V3), cobertura vegetal (V7), estabilidade da vegetação marginal (V8) e estabilidade das margens (V9) e no outro extremo os pontos 07, 02, 17, 20 e 19 (Figura 8). O eixo 2 apresentou um gradiente quanto a estabilidade da vegetação marginal (V8) e deposição de sedimento (V4). A correlação entre a composição de espécie e os dados ambientais foi significativa ( $r = 0,32$ ,  $p = 0,004$ ).

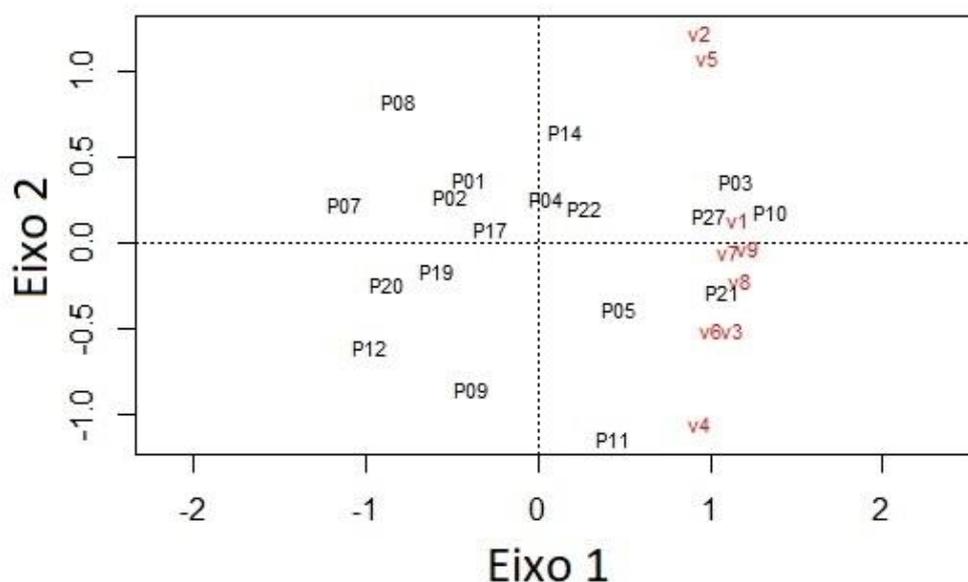


**Figura 7.** Representação gráfica da ordenação dos pontos de coleta dos riachos urbanos de Sorocaba para os dados de abundância das espécies

**Tabela 5.** Resultados da análise de componentes principais utilizando os dados da estrutura do habitat e qualidade da água para os eixos 1 e 2.

	<b>Eixo 1</b>	<b>Eixo 2</b>
Autovalores	6.37	1.12
Proporção de explicação	0.70	0.12
Proporção acumulada	0.70	0.83
<b>Peso das Variáveis</b>	<b>Eixo 1</b>	<b>Eixo 2</b>
Estabilidade do Substrato (V1)	1.06	0.08
Variabilidade na velocidade e na profundidade (V2)	0.85	0.73
Estabilidade do fluxo (V3)	1.03	-0.29
Deposição de sedimento (V4)	0.85	-0.62

Combinação de poções rápido e corredeira (V5)	0.90	0.64
Alteração do canal (V6)	0.92	-0.29
Cobertura vegetal (V7)	1.01	-0.02
Estabilidade da vegetação marginal (V8)	1.07	-0.12
Estabilidade das margens (V9)	1.11	-0.01



**Figura 8.** Representação gráfica da ordenação dos pontos de coleta dos riachos urbanos de Sorocaba para os dados das variáveis ambientais

## 10. Discussão

Embora os riachos urbanos apresentem uma tendência a sofrer com as ações antrópicas em comparação aos riachos mais isolados da região urbana, espera-se também que os riachos urbanos apresentem diferentes medidas quanto a riqueza de espécies, diversidade e equabilidade de acordo com o seu grau de impacto, pois algumas espécies aumentam em abundância em detrimento de outras, podendo manter a estrutura de diversidade das assembléias bem diferentes (PERESSIN & CETRA, 2014), de tal maneira que os índices simples aqui utilizados foram capazes de detectar essas diferenças. Isso ocorre porque algumas características ambientais como a vegetação regula o fluxo

de água, fornece abrigo, matéria orgânica e substrato para a fixação de algas e perifióticos (CETRA & PETRERE JR, 2007).

*Phalloceros harpagus* foi a espécie mais abundante nos riachos urbanos, uma espécie nectônica e onívora. Sendo uma espécie generalista que aumenta em grandes proporções em riachos urbanos devido ao seu pequeno tamanho e uso do estrato superficial favorecem a permanência desta espécie em locais degradados (CRUZ et al., 2013). Assim, algumas famílias como a Poeciliidae são boas indicadoras de riachos antropizados graças a sua tolerância as variações do habitat e ambientes impactados, devido as mudanças estruturais causadas pela urbanização circundante (DAGA et al., 2012).

Introdução de espécies exóticas também contribuem para o aumento de espécies generalistas e tolerantes em riachos urbanos, em nosso estudo as espécies *Poecilia reticulata* e *Oreochromis niloticus* são exóticas como citadas no capítulo 1 e consequentemente indicadoras de riachos com grande influência da urbanização. Grande parte das espécies exóticas podem ter origem a partir do comércio de aquários e criação de pesqueiros na região urbana, contribuindo assim em promover alterações nas comunidades locais de peixes (DAGA et al., 2012; BIAGIONI et al., 2013). Assim podemos dizer que os riachos mais afetados pela interferência antrópica apresentam redução da riqueza e equabilidade, como também o predomínio de espécies mais tolerantes à perturbação ambiental (FELIPE & SÚAREZ, 2010).

A mata ciliar é outra variável que pode ser um fator para a alteração da ictiofauna, cotribuindo para a alteração natural da incidência de luz, temperatura e sedimentação (PERESSIN & CETRA, 2014). Sendo assim, não é surpreendente que a remoção da mata ripária cause alterações na composição na estrutura de comunidade de peixe em riachos urbanos, pois estudos indicam que em grandes cidades com níveis grandes de urbanização podem alterar a estrutura da comunidade de peixes (FELIPE & SÚAREZ, 2010; DAGA et al., 2012; CRUZ et al., 2013; TERESA et al., 2015). Isso demonstra que uma intensa ação antrópica pode causar a eliminação da heterogeneidade natural, cuja presença teoricamente suportaria maior diversidade biológica e ambiental (CETRA & PETRERE JR, 2007).

---

## Capítulo 3

### Índice de Integridade Biótica (IIB) para a cidade de Sorocaba

---

#### 11. Introdução

Karr (1981), pela primeira vez, descreveu uma avaliação de integridade biótica usando comunidades de peixes, que tem sido adaptada em diferentes regiões, visto que os ambientes e a ictiofauna são diferentes e exclusivo para cada local. Este método foi considerado rápido e de baixo custo, podendo servir como uma abordagem exploratória da qualidade do manancial. Reconhece-se assim a importância da utilização de indicadores biológicos como base de programas de monitoramento de sistemas aquáticos, indo além do uso de indicadores químicos ou físicos da água. O índice de integridade biótica (IIB) concentra-se nas respostas biológicas às características físicas dos corpos d'água, usando organismos que compõem as assembléias, agrupando múltiplas variáveis como abundância, composição e classificação trófica desses conjuntos em um único índice. Assim, pode ser utilizado como um indicador para avaliar e monitorar a qualidade das massas de água.

O conceito de integridade biótica representa a capacidade de manutenção e suporte de comunidades biológicas preservando sua composição, diversidade e estrutura funcional de forma comparável às características naturais da região (KARR, 1981). Este índice foi relatado como uma eficiente ferramenta de monitoramento para poluição difusa, integrando através das métricas da comunidade de peixes o estado geral de um sistema lótico em contraste com o parâmetros físico-químicos tradicionais, que fornecem informações pontuais e instantâneas sobre a qualidade da água (CARVALHO et al., 2007).

A opção pelo IIB se dá pela praticidade em adaptar e aferir suas métricas, facilitando a comunicação dos seus resultados. No Brasil, a maioria dos estudos que utilizam o IIB tem como foco ambientes bastante impactados e/ou degradado (POLAZ, 2013). Como exemplo podemos citar a aplicação desse índice por Araújo (1998); Terra, et al. (2005); Togoro (2006); Terra et al. (2009) para trechos da bacia do Paraíba do Sul.

O IIB é um índice multimétrico, combinado a partir de vários atributos (variáveis) da comunidade de peixes. As variáveis mais adequadas são aquelas que representam

características mensuráveis das assembleias biológicas, que mudam de maneira previsível com o aumento ou diminuição da intensidade do distúrbio ambiental. O cálculo prevê combinações, como composição, riqueza de espécies, abundância e estrutura trófica (POLAZ, 2013).

As previsões ecológicas que fundamentaram o IIB foram descritas em síntese, de forma que algumas respostas esperadas são: o número de espécies nativas diminui, bem como daquelas presentes em habitats ou guildas específicas; o número de espécies intolerantes decai, enquanto o número de espécies tolerantes aumenta; a proporção de espécies e indivíduos de peixes nativos diminui, seguido de quedas na abundância; a proporção de generalistas (especialmente onívoros) e a incidência de espécies alóctones tendem a aumentar; diminui a proporção de especialistas (invertívoros e carnívoros).

O processo de desenvolvimento de um índice prevê atender algumas metas, visando testar: a capacidade em responder adequadamente a uma variedade de métricas baseada na estrutura e função da comunidade de peixes e discriminar efeitos naturais e antrópicos das condições ambientais observada em escala continental. Esses dados incluem, além de variáveis bióticas sobre a comunidade de peixes, características ambientais do entorno, estratégias de amostragem e uma classificação de bacias e sub-bacias na similaridade da ictiofauna nativa regional (POLAZ, 2013; CETRA & FERREIRA, 2016; FERREIRA & CASATTI, 2006.).

A integridade das assembleias de peixes fornecem uma medida direta das condições ecológicas dos recursos hídricos, e quando comparados com um sistema de referência intacto, esses ambientes podem ser posicionados ao longo de um contínuo de degradação ambiental. Assim, os cursos de água nas regiões de cabeceira são geralmente menos degradados do que os trechos a jusante das bacias hidrográficas, apresentando também variações naturais menores nas condições físicas, químicas e biológicas. Devido a estas características, essas regiões podem ser utilizadas como locais de referência na avaliação ambiental (CETRA & FERREIRA, 2016).

Estudos indicam (BASTOS & ABILHOA, 2004; FERREIRA & CASATTI, 2006; CASATTI et al., 2009) que as comunidades de peixes respondem as mudanças nas características abióticas, como habitat e qualidade da água, bem como fatores bióticos, ou seja, interações bióticas e composição permitem o monitoramento da comunidade, da organização e da saúde dos peixes como uma forma de avaliar a degradação ambiental,

tendo estes fatores refletindo diretamente ou indiretamente sobre todo o ecossistema (KARR, 1981).

Alguns estudos encontraram relações fortes entre as pontuações do IIB e a urbanização, cobertura florestal, mata ripária e qualidade da água (CARVALHO et al., 2007; CASATTI et al., 2009), indicando que o uso da terra da bacia hidrográfica tem um forte efeito na qualidade do habitat e na integridade biótica dos riachos. O desenvolvimento urbano pode degradar os riachos, liberando substâncias tóxicas e quantidades excessivas de nutrientes, bem como aumentar o escoamento superficial, levando a severas inundações, erosões aceleradas do canal e alterações na forma do canal e conseqüentemente mudando todo o fluxo do riacho (EICHBAUM ESTEVES & ALEXANDRE, 2011).

Em relação a este problema, a avaliação da saúde do ecossistema com base na estrutura e organização das comunidades bióticas pode ser um dos meios mais eficientes para verificar o impacto das atividades humanas que contribuem para a degradação do meio aquático (MARCIANO et al., 2004).

Esperamos que a ictiofauna responda ao gradiente de perturbação ambiental, onde áreas com forte ação urbana apresentem baixa qualidade ambiental, ao passo que, os riachos mais afastados como áreas próximas a zona rural, apresentem melhores condições ambientais. Sendo assim, o objetivo do trabalho foi desenvolver um índice de integridade biótica que possa ser utilizado no monitoramento do município.

## **12. Material e Métodos**

As espécies foram categorizadas em grupos tróficos e posição na coluna d'água (Tabela 6). Vinte e quatro variáveis foram consideradas inicialmente para definir a lista de medidas candidatas do IIB (Tabela 7). Estas medidas foram escolhidas segundo critérios de amplitude, capacidade de resposta e redundância. A amplitude foi usada para retirar aquelas variáveis que apresentaram mais de 70% de valores nulos. A capacidade de resposta foi analisada verificando a significância ( $p < 0,05$ ) do coeficiente de Pearson encontrado entre a variável biótica e o IFH. Por fim as variáveis restantes foram avaliadas quanto a redundância utilizando um VIF (Variance Inflation Factor) igual a 10 (função vifstep do pacote usdm) (R Core Team, 2015).

**Tabela 6.** Classificação das espécies amostradas de acordo com os atributos relacionados a posição na coluna d'água.

Ordem / Família / Espécie	Posição	Trófico
Characiformes		
Characidae		
<i>Astyanax altiparanae</i>	nec	oni
<i>Astyanax bockmanni</i>	nec	oni
<i>Astyanax fasciatus</i>	nec	oni
<i>Astyanax scabripinnis</i>	nec	oni
<i>Bryconamenricus sp</i>	nec	oni
<i>Hyphessobrycon bifasciatus</i>	nec	inv
<i>Serrapinnus notomelas</i>	nec	oni
<i>Prochilodus lineatus</i>	nec	herb-det
Curimatidae		
<i>Cyphocharax modestus</i>	nec	oni
Crenuchidae		
<i>Characidium zebra</i>	bent	inv
Erythrinidae		
<i>Hoplias malabaricus</i>	nec	car
Cyprinodontiforme		
Poeciliidae		
<i>Phalloceros harpagos</i>	nec	oni
<i>Poecilia reticulata</i>	nec	oni
Gymnotiformes		
Gymnotidae		
<i>Gymnotus silvius</i>	nec	inv
Perciformes		
Cichlidae		
<i>Australoheros facetus</i>	nec	oni
<i>Crenicichla britskii</i>	nec	inv
<i>Geophagus brasiliensis</i>	nec	oni

<i>Oreochromis niloticus</i>	nec	oni
Siluriformes		
Callichthyidae		
<i>Callichthys callichthys</i>	bent	oni
<i>Corydoras aeneus</i>	bent	oni
<i>Hoplosternum littorale</i>	bent	herb-detr
Heptapteridae		
<i>Imparfinis mirini</i>	bent	inv
<i>Pimelodella avanhandavae</i>	bent	inv
<i>Rhamdia quelen</i>	bent	car
Loriicaridae		
<i>Hypostomus ancistroides</i>	bent	herb-detr
Synbranchiformes		
Synbranchidae		
<i>Synbranchus marmoratus</i>	nec	car

nec – nectônico; bent – bentônico, grupo trófico (oni – onívoro; inv – invertívoro; car – carnívoro; herb – detr – herbívoro/detrítívoro)

**Tabela 7.** Variáveis candidatas para o Índice de Integridade Biótica e a capacidade de resposta em ambiente degradado.

Variáveis	Resposta à perturbação
Diversidade de Espécies	
Riqueza de espécies (S)	Redução
Espécie introduzida (Spintro)	Aumenta
Abundância (Abu)	Redução
Índice de diversidade de Simpson (D)	Redução
Equabilidade de Simpson (ED)	Redução
Curva estatística ABC (W)	Redução
Riqueza de Loricariidae (SLor)	Redução
Proporção de Loricariidae (%Lor)	Redução
Proporção de Cyprinodontiformes (%Cyp)	Aumenta
Habitat	
Riqueza de bentônicos (Sbent)	Redução

Proporção de bentônicos (%Bent)	Redução
Riqueza de nectônicos (Snec)	Redução
Proporção de nectônicos (%nec)	Redução
Função Trófica	
Riqueza trófica (STroph)	Redução
Diversidade trófica (DTroph)	Redução
Equabilidade trófica de Simpson (ETroph)	Redução
Riqueza de carnívoros (Scar)	Redução
Proporção de carnívoros (%car)	Redução
Riqueza de invertívoros (Sinv)	Redução
Proporção de invertívoros (%inv)	Redução
Riqueza de onívoros (Soni)	Aumenta
Proporção de onívoros (%oni)	Aumenta
Riqueza de herbívoros – detritívoros (Sherb – detr)	Redução
Proporção de herbívoros – detritívoros (%herb – detr)	Redução

Após estes procedimentos as variáveis foram categorizadas para a pontuação do IIB. Valores acima de 75% foi dado valor de 5 e abaixo de 25% foi dado valor de 1 e o intermediário foi dado o valor de 3. O IIB foi composto da soma dos valores de cada variável por ponto de coleta. A validação do IIB foi realizada verificando-se a significância do coeficiente de correlação linear Pearson entre o IIB final e o IFH.

### 13.Resultados

Dentre os 27 trechos de coleta, aquele que apresentou o maior valor de IFH foi o P10, com 142 pontos. Em contrapartida o ponto que apresentou o menor valor de IFH foi o P24, com 27 pontos. A variável com maior mediana foi deposição de sedimento (V4), com valor de 13 pontos. Já as variáveis com maior amplitude foram estabilidade do substrato (V1) e variabilidade na velocidade e na profundidade (V2), com valor de 20 pontos.

**Tabela 8.** Pontuações que cada trecho apresentou seguindo o protocolo de avaliação ambiental.

Pontos (nº)	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	IFH
(P10)	19	20	20	20	20	15	9	9	10	142
(P3)	15	18	19	15	20	14	10	10	10	131
(P21)	20	14	19	20	15	15	5	10	10	128
(P27)	17	15	16	16	18	15	9	8	10	124
(P26)	20	9	18	20	9	18	10	10	10	124
(P5)	13	11	15	15	8	15	4	9	9	99
(P22)	9	13	15	15	18	14	4	4	6	98
(P23)	14	8	15	18	7	12	8	7	8	97
(P11)	13	2	14	17	3	15	9	9	9	91
(P14)	13	14	7	10	14	10	5	7	9	89
(P4)	13	11	11	8	10	13	4	7	6	83
(P17)	9	10	12	11	9	11	3	3	4	72
(P15)	7	6	17	18	8	8	3	1	3	71
(P1)	7	13	10	8	10	15	2	1	3	69
(P9)	7	4	14	15	3	15	1	3	3	65
(P16)	8	7	12	10	6	11	1	1	7	63
(P2)	8	8	8	8	8	8	4	4	4	60
(P25)	8	3	8	8	7	11	4	4	7	60
(P19)	10	3	11	10	8	10	1	2	3	58
(P8)	7	13	6	6	9	6	1	1	3	52
(P13)	0	0	6	16	6	9	4	2	4	47
(P20)	8	4	10	10	2	7	2	1	1	45
(P18)	1	1	6	13	6	12	1	1	1	42
(P12)	1	1	7	16	3	6	2	1	3	40
(P7)	6	3	3	6	6	7	1	2	1	35
(P6)	2	1	6	2	4	6	2	4	2	29
(P24)	1	1	2	5	4	10	2	1	1	27
Mediana	8	8	11	13	8	11	4	4	4	69

Amplitude	20	20	18	18	18	12	9	9	9	115
-----------	----	----	----	----	----	----	---	---	---	-----

Med = Mediana; Amp = Amplitude; V1 = estabilidade do substrato; V2 = variabilidade na velocidade e na profundidade; V3 = estabilidade do fluxo; V4 = deposição de sedimento; V5 = combinação de poções rápido e corredeira; V6 = alteração do canal; V7 = cobertura vegetal; V8 = estabilidade da vegetação marginal; V9 = estabilidade das margens

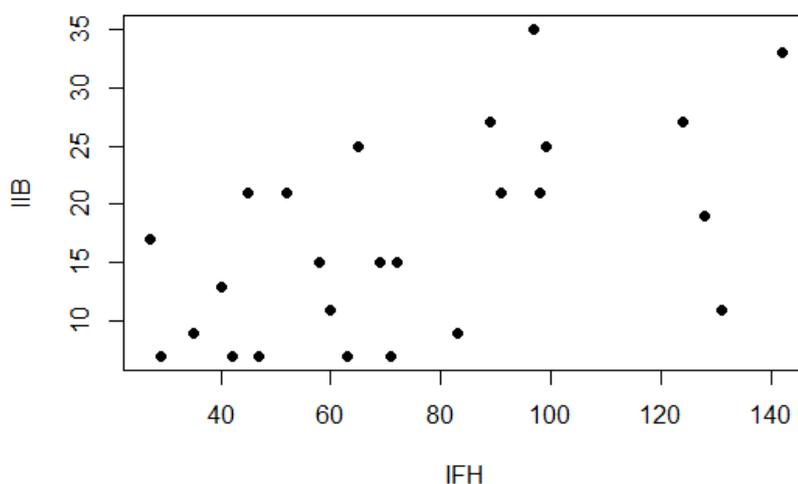
Foram coletados 2492 indivíduos representando um total de 26 espécies. Das 24 variáveis iniciais, riqueza e proporção de carnívoros foram retiradas devido ao critério de amplitude. Das 22 variáveis remanescentes, 12 não apresentaram capacidade de resposta com o IFH. Por fim 7 variáveis foram escolhidas para comporem o IIB: abundância, diversidade de Simpson, riqueza de bentônicos, proporção de bentônicos, diversidade trófica de Simpson, riqueza de invertívoros e riqueza de herbívoros – detritívoros (Tabela 9). Dois riachos foram classificados como excelentes (7,5%), cinco como bons (18,5%), cinco regulares (18,5%), oito pobres (29,5%), dois muito pobres (7,5%) e cinco sem peixe (18,5%) (Tabela 10). A correlação entre o IIB e o IFH foi positiva e significativa ( $r = 0,34$ ,  $p = 0,001$ ) (Figura 9).

**Tabela 9.** Variáveis do IIB e valores escolhidos para os riachos do Município de Sorocaba.

Medidas	Valores		
	1	3	5
<b>Diversidade de Espécies</b>			
1. Abundância	<5	5 – 73	>73
2. Índice de diversidade de Simpson	<0,01	0,01 – 0,63	>0,63
<b>Habitat</b>			
3. Riqueza de bentônicos	<1	1	>1
4. Proporção de bentônicos	<0,01	0,01 – 0,05	>0,05
<b>Função Trófica</b>			
5. Diversidade Trófica	<0,01	0,01 – 0,61	>0,61
6. Riqueza de invertívoros	<1	1 - 2	>2
7. Riqueza de herbívoros - detritívoros	<1	1	>1

**Tabela 10.** Descrição detalhada da integridade biótica dos riachos, valores do IIB e número de riachos por categorias (N).

Categorias	Valores	Descrição	N
Excelente	31-35	Comparável à melhor situação sem influência do homem. Estão presentes as espécies regionalmente esperadas para o hábitat. Estrutura trófica balanceada.	2
Bom	25-30	A riqueza de espécies pode estar um pouco abaixo do esperado, principalmente por causa do desaparecimento de espécies intolerantes. Algumas espécies com abundâncias. A estrutura trófica mostra alguns sinais de estresse.	5
Regular	19-24	Sinais de deterioração tais como poucas formas intolerantes, estrutura trófica alterada (baixa quantidade da frequência de bentônicos).	5
Pobre	11-18	Formas tolerantes à poluição e generalistas de hábitat.	8
Muito Pobre	1-10	Poucos peixes presentes, principalmente espécies introduzidas ou muito tolerantes a ambientes poluídos e antropizados.	2
Sem Peixe	0	Repetidas amostragens sem captura de nenhum peixe.	5



**Figura 10.** Gráfico de dispersão entre IIB e IFH

## 14. Discussão:

O índice de integridade biótica proposto para este trabalho apresentou correlação satisfatória entre as condições ambientais e as comunidades de peixes devido a presença de alto gradiente ambiental capaz de generalizar impactos na região urbana do município de Sorocaba. Das 24 variáveis candidatas iniciais, sete foram capazes de discriminar os locais impactados e por isso foram selecionadas para compor o IIB final, na qual refletiu a estrutura da assembleia principalmente em termos de abundância de espécies proporcionais dos atributos diversidade de espécies, uso do habitat e função trófica.

Diferentemente de outros trabalhos com IIB ((FERREIRA & CASATTI, 2006; CASATTI et al., 2009; EICHBAUM ESTEVES & ALEXANDRE, 2011), o presente trabalho não apresentou capacidade de resposta a riqueza de espécies. Possivelmente esta variação da riqueza de espécies segundo Cetra & Ferreira (2016) pode estar vinculada a posição do riacho no gradiente longitudinal do que no presente gradiente de perturbação.

A abundância se fez significativa muito provavelmente devido as condições ambientais externas, onde as alterações na qualidade ambiental, como a estabilidade das margens e erosão são comumente refletidas na mudança dos recursos alimentares presentes no riacho. Assim a dominancia de invertívoros e herbívoros – detritívoros é praticamente ausente em riachos classificados como pobres e muito pobres, demonstrando que este grupo trófico é um forte indicador para habitats menos antropizados (EICHBAUM ESTEVES & ALEXANDRE, 2011).

As espécies bentônicas são sensíveis à turbidez, baixas concentrações de oxigênio e substâncias tóxicas depositadas em sedimentos, pois utilizam esse compartimento para alimentação. A erosão da margem também provoca comprometimento das espécies bentônicas através da homonização do substrato, pois estes sendo dependentes da presença da vegetação riparia devido a produtividade primária, especialmente o perifíton, usando-o como recurso alimentar (CARVALHO et al., 2007; CETRA & FERREIRA, 2016). Com isso a riqueza de bentônicos e a sua proporção podem responder muito bem ao gradiente ambiental, pois as correlações tendem a ser significativas entre as métricas individuais do habitat, como a cobertura vegetal e a incorporação de substratos, indicando que o movimento e deposição do substrato são fatores importantes e que afetam principalmente os peixes bentônicos (EICHBAUM ESTEVES & ALEXANDRE, 2011).

Representantes invertívoros como *Imparfinis mirini* e *Pimelodella avanhandavae* pertencentes a família Heptapteridae e herbívoros – detritívoros como os representantes da família Loricariidae, respectivamente respondem bem a perturbações antrópicas. Quando a extensão da interferência humana é de moderada a grave, as taxas destas famílias estão geralmente em declínio, pois dependem de substratos preservados para serem usados como abrigo e de forrageamento (CASATTI et al., 2009). Outros casos especiais que encontramos em riachos que sustentam uma diversidade grande de habitats e permitem a coexistência de espécies com características biológicas muito diferentes como espécies do gênero *Astyanax*, ocupando a coluna de água e alimentando-se de partículas aloctones e *Gymnotus* que usam as margens do riacho para abrigo e alimentação (COSTA & SCHULZ, 2010).

A quantidade de especialistas em poucos riachos do perímetro urbano podem explicar os padrões de densidade ao longo do gradiente longitudinal, com o domínio de espécies exóticas oportunistas, como *P. reticulata* e os onívoros *A. lacustris* e *A. fasciatus* nos riachos situados na zona urbana. Isso sugere que os impactos antropogênicos já estão perturbando a comunidade peixes, na qual acaba apresentando diferenças em sua diversidade (EICHBAUM ESTEVES & ALEXANDRE, 2011). Assim, espécies sensíveis são as primeiras a diminuir ou desaparecerem com a excessiva ação antrópica, oposto ocorre com indivíduos como os cyprinodontiformes e espécies introduzidas, que indicam riachos poluídos, onde apenas algumas espécies, principalmente as generalistas, podem sobreviver. As espécies sensíveis indicam uma maior disponibilidade de habitat quando presente ou quando reaparecem em um determinado ambiente. Por outro lado, as assembleias dominadas por poucas espécies indicam baixa qualidade ambiental, com poucas espécies sendo a opção para os caminhos de energia, resultando em alta instabilidade (CARVALHO et al., 2007).

Sendo assim, a estrutura trófica é uma categoria importante para avaliação da integridade biótica, onde especialistas como invertívoros e herbívoros – detritívoros são encontrados em baixa abundância nos locais poluídos, demonstrando que essas espécies de peixes usam uma pequena gama de alimentos, logo refletem muito bem as condições ambientais que os riachos com grande ação antrópica estão sofrendo no período atual (CARVALHO et al., 2007).

## 15. Conclusão

A observação de aspectos da integridade biótica da fauna de peixes pode concluir que principalmente o perímetro urbano do município de Sorocaba é alterado, o que indica uma grave degradação, reforçando a baixa qualidade do habitat físico da maioria dos riachos coletados. Com isso, é importante notar que a perda de integridade biótica nem sempre segue a degradação física do habitat, pois as perdas de integridade biótica podem resultar de vários outros fatores (por exemplo, poluição e introdução de espécies exóticas) que devem ser consideradas em conjunto com a degradação física. Há, além disso, um componente histórico de uso da terra que deve ser levado em conta, pois pode esconder os padrões ecológicos contemporâneos.

Além disso, o uso da terra pode causar mudanças profundas na diversidade aquática, que mesmo tendo o reflorestamento das zonas ribeirinhas é insuficiente para restaurar e manter a biodiversidade aquática. Para isso, seria necessário recuperar e proteger a maioria ou a totalidade da bacia hidrográfica, pois o uso do solo provavelmente tenha provocado algumas diferenças nas comunidades de peixes. No entanto, os resultados deste estudo sugerem que a integridade biótica dos riachos de Sorocaba estão em declínio, especialmente nos locais urbanos, devido às modificações da qualidade do habitat e / ou da água. Considerando as ações iniciadas há alguns anos que visavam melhorar o tratamento de efluentes de esgoto e indústria para melhorar a qualidade da água desta bacia. O IIB proposto pode ser considerado uma ferramenta preliminar que tem potencial para ajudar a avaliar e monitorar a saúde ecológica desses riachos.

A avaliação biológica de córregos e rios brasileiros é necessária devido ao aumento da taxa de degradação do habitat. Alguns trabalhos como Araújo (1998) e Carvalho et al., (2007), sugeriram períodos de amostragem únicos durante a estação seca para rios e riachos, pois a ictiofauna é mais eficientemente amostrada nesse período e os efeitos dos poluentes e da qualidade do habitat são mais intensos devido ao volume de água, logo os resultados podem ser mais confiáveis.

Geralmente, à medida que as rochas se encontram abaixo do nível da água nos períodos de secas a área de superfície disponível para os peixes (abrigo, desova e incubação de ovos) é diminuída. É possível que esses resultados possam estar relacionados à composição do substrato diferente ao longo dos locais de amostragem, como nas áreas mais distantes da região urbanizada (região rural), que apresentou IBIs

maiores, provavelmente devido a uma maior proporção de rochas desde cascalhos até blocos (BARBOUR et al., 1999).

De fato, estudos (ARAÚJO, 1998; FERREIRA & CASATTI, 2006; CASATTI et al., 2009; EICHBAUM ESTEVES & ALEXANDRE, 2011) mostraram que o desenvolvimento urbano degrada severamente as comunidades bióticas de peixes, resultando em uma reestruturação da comunidade e que pode ser atribuída a altas cargas de sedimentos, introduções de espécies e impactos mediados por substâncias tóxicas.

Este trabalho demonstrou também que estudos como este além de poder promover aplicabilidade e desenvolvimento de métodos para avaliações biológicas ambientais, também tem como consequência um melhor conhecimento da ictifauna local. Isso de destaca quando Sorocaba mesmo estando em uma região de grande influência científica ainda pode apresentar surpresas positivas quanto espécies que ainda não foram descritas ou estão neste processo na literatura. O atual trabalho usa como exemplo a espécie *Bryconamericus sp.* coletada como citada no capítulo 1, que ainda está sendo descrita e consequentemente enriquecerá futuros trabalhos ligados a bacia do Sorocaba.

## 16.Referências

- ARAÚJO, F. G. Adaptação do índice de integridade biótica usando a comunidade de peixes para o rio Paraíba do Sul. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 58, n. 4, p. 547–558, 1998.
- BARBOUR, M. T.; GERRITSEN, J.; SNYDER, B. D.; STRIBLING, J. B. Sample data forms for the protocols. **Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish**, 1999.
- BASTOS, L. P.; ABILHOA, V. A utilização do Índice de Integridade Biótica para avaliação da qualidade de água: um estudo de caso para riachos urbanos da bacia hidrográfica do rio Belém, Curitiba, Paraná. **Revista Estudos de Biologia**, v. 26, n. 55, p. 33–44, 2004.
- BIAGIONI, R. C.; RIBEIRO, A. R.; SMITH, W. S. Checklist of non-native fish species of Sorocaba River Basin, in the State of São Paulo, Brazil. **Check List**, 2013.
- CAMPOS, F. de F. e S.; CASTRO, A. L. da S. **Revista Agrogeoambiental**. v. 7, n.1, 2015.
- CARVALHO, B.; PINTO, T.; ARAÚJO, F. Assessing of Biotic Integrity of the Fish Community in a Heavily Impacted Segment of a Tropical River in Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 50, n. 3, p. 489–502, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/babt/v50n3/15.pdf>>. Acesso em: 22 maio. 2017.
- CASATTI, L.; FERREIRA, C. P.; LANGEANI, F. A fish-based biotic integrity index for assessment of lowland streams in southeastern Brazil. **Hydrobiologia**, v. 623, n. 1, p. 173–189, 2009.
- CETRA, M.; PETRERE JR. Associations between fish assemblage and riparian vegetation in the Corumbataí River Basin (SP). **Braz. J. Biol**, v. 67, n. 2, p. 191–195, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/bjb/v67n2/01.pdf>>. Acesso em: 27 nov. 2017.
- CETRA, M; BARRELLA, W; NETO LANGEANI, F; MELLO, B . J; ALMEIDA, R. S. Fish fauna of headwater streams that cross the Atlantic Forest of south São Paulo state. **Journal of species lists and distribution**, v. 8, n. 3, p. 421–425, 2012.
- CETRA, M; FERREIRA, F. C. Fish-based Index of Biotic Integrity for wadeable streams

from Atlantic Forest of south São Paulo State , Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 28, 2016.

COSTA, P. F.; SCHULZ, U. H. The fish community as an indicator of biotic integrity of the streams in the Sinos River basin, Brazil. **Brazilian journal of biology = Revista brasleira de biologia**, v. 70, n. 4 Suppl, p. 1195–1205, dez. 2010.

CRUZ, B. B.; MIRANDA, L. E.; CETRA, M. Links between riparian landcover, instream environment and fish assemblages in headwater streams of south-eastern Brazil. **Ecology of fresh water fish**, p. 110, 2013.

DAGA, V. S.; GUBIANI, É. A.; CUNICO, A. M.; BAUMGARTNER, G. Effects of abiotic variables on the distribution of fish assemblages in streams with different anthropogenic activities in southern Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 10, n. 3, p. 643–652, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ni/v10n3/18.pdf>>. Acesso em: 27 nov. 2017.

EICHBAUM ESTEVES, K.; ALEXANDRE, C. V. Development of an Index of Biotic Integrity Based on Fish Communities to Assess the Effects of Rural and Urban Land Use on a Stream in Southeastern Brazil. **International Review of Hydrobiology**, v. 96, n. 3, p. 296–317, 2011.

EMPLASA. Governo do Estado de São Paulo, Secretaria da casa civil, 2014.

FAGUNDES, D. C.; LEAL, C. G.; CARVALHO, D. R. de; JUNQUEIRA, N. T.; LANGEANI, F.; POMPEU, P. dos S. The stream fish fauna from three regions of the Upper Paraná River basin. **Biota Neotropica**, v. 15, n. 2, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1676-06032015018714>>. Acesso em: 24 jan. 2018.

FELIPE, T. R. A.; SÚAREZ, Y. R. Caracterização e influência dos fatores ambientais nas assembléias de peixes de riachos em duas microbacias urbanas, Alto Rio Paraná. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 2, p. 143–151, 2010. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v10n2/pt/abstract?article+bn03810022010>>. Acesso em: 26 nov. 2017.

FERREIRA, C. D. P.; CASATTI, L. Integridade biótica de um córrego na bacia do Alto Rio Paraná avaliada por meio da comunidade de peixes. **Biota Neotropica**, v. 6, n. 3, p. 1–25, 2006.

GORMAN, O.T.; KARR, J.R. Habitat structure and stream fish communities. **Ecology**, v. 59, p. 507-515, 1978.

JARAMILLO-VILLA, U. and CARAMASCHI, EP., 2008. Índices de integridade biótica usando peixes de água doce: Uso nas regiões tropical e subtropical. *Oecologia Brasiliensis*, vol. 12, no. 3, p. 442-462.

JR, PETRERE; SMITH, W. S; BARRELLA, W. The fish community of the Sorocaba River Basin in different habitats (State of São Paulo, Brazil). **Braz. J. Biol.**, v. 69, n. 4, p. 1015–1025, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/bjb/v69n4/v69n4a05.pdf>>. Acesso em: 21 ago. 2017.

KARR, J. R. Assessment of biotic integrity using fish communities 553. **Fisheries (Bethesda)**, v. 6, n. 6, p. 21–27, 1981.

KARR, J.R. Defining and measuring river health. **Fresh-water Biol**, v. 41, p. 221-234, 1999.

LANGANI, F.; CASTRO, R. M. C.; OYAKAWA, O. T.; SHIBATTA, O. A.; PAVANELLI, C. S.; CASATTI, L. Diversidade da ictiofauna do Alto Rio Paraná: composição atual e perspectivas futuras. *Biota Neotropica*, Campinas, v. 7, n. 3, p. 181-197, 2007.

MANFREDINI, F. N.; GUANDIQUE, M. E. G.; ROSA, A. H. **A história ambiental de Sorocaba**. 2015.

MARCIANO, E. T.; CHAUDHRY, E. H.; RIBEIRO, M. C. L. B. Evaluation of the index of biotic integrity in the Sorocaba River Basin (Brazil, SP) based on fish communities. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 16, n. 3, p. 225–237, 2004.

OYAKAWA, O. T.; MENEZES, N. A. Checklist dos peixes de água doce do Estado de São Paulo, Brasil. **Biota Neotrop**, v. 11, n. 1a, p. 2–13, 2010. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br>>. Acesso em: 22 ago. 2017.

PERESSIN, A.; CETRA, M. Responses of the ichthyofauna to urbanization in two urban areas in Southeast Brazil. **Urban Ecosystems**, v. 17, n. 3, p. 675–690, 2014.

PMMA. Plano Municipal de Mata Atlântica Sorocaba, 2014.

POLAZ, C. N. M. Caracterização da Ictiofauna e Aplicação do Índice de Integridade

Biótica no Parque Nacional do Pantanal Mato-grossense , Poconé , MT. **Tese (Doutorado)**, p. 195, 2013.

R Development Core Team (2015) R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

SMITH, WS. A estrutura da comunidade de peixes da bacia do rio Sorocaba em diferentes situações ambientais. São Carlos. **Tese (Mestrado)**, p. 121, 1999.

SMITH, W. S.; BIAGIONI, R. C.; HALCSIK, L. Fish fauna of Floresta Nacional de Ipanema, São Paulo State, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 13, n. 2, p. 175–181, jun. 2013. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1676-06032013000200175&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1676-06032013000200175&lng=en&tlng=en)>. Acesso em: 22 maio. 2017.

SMITH, W. S.; JR., M. P.; BARRELLA, V. Fish, Sorocaba river sub-basin, state of São Paulo, Brazil. **Check List Journal of Species Lists And Distribution**, v. 3, n. 3, p. 282–286, 2007. Disponível em: <<http://www.checklist.org.br/getpdf?SL014-07>>. Acesso em: 19 ago. 2017.

TERESA, F. B.; CASATTI, L.; CIANCIARUSO, M. V. Functional differentiation between fish assemblages from forested and deforested streams. **Neotropical Ichthyology**, v. 13, n. 2, p. 361–370, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ni/2015nahead/1982-0224-ni-20130229.pdf>>. Acesso em: 27 nov. 2017.

TERRA, B. F.; SANTOS, A. B. I.; ARAUJO, F. G. Adaptação de índice de integridade biótica ao sistema rio Paraíba do Sul - reservatório da UHE do funil. p. 1–4, 2009.

TERRA, B. F.; TEIXEIRA, T. P.; OLIVEIRA, E. E.; GRACIA, D.; CARVALHO, B.; PINTO, T.; GERSON, F.; ARAÚJO, D. Utilização do índice de integridade biótica para caracterização da qualidade ambiental do rio Paraíba do Sul e confirmação com uso e ocupação do solo por geoprocessamento. **Rev. Univ. Rural**, v. 25, n. 2, p. 85–92, 2005. Disponível em: <[http://www.ufrj.br/laboratorio/lep/pdfs/rios\\_e\\_riachos/2005\\_Utilizacao do Indice de Integridade Biotica para caracterizacao.pdf](http://www.ufrj.br/laboratorio/lep/pdfs/rios_e_riachos/2005_Utilizacao_do_Indice_de_Integridade_Biotica_para_caracterizacao.pdf)>. Acesso em: 6 jun. 2017.

TOGORO, E. S. Qualidade da água e integridade biótica: estudo de caso num trecho fluminense do rio Paraíba do Sul. **Tese (Mestrado)**, 2006. Disponível em:

<<http://www.peamb.eng.uerj.br/trabalhosconclusao/2006/PEAMB2006ESTogoro.pdf>>.

Acesso em: 6 jun. 2017.

VILLARES JR; GOITEIN. Check List : Journal of Species Lists and Distribution articles editorial board search contact Check List : Journal of Species Lists and Distribution.

**Check List**, v. 2, n. 3, p. 1–4, 1 out. 2008. Disponível em: <<https://www.biotaxa.org/cl/article/view/2.3.68/11133>>. Acesso em: 19 ago. 2017.

## Anexos I

**Tabela.** Categorias do IIB e os riachos e suas localizações no município de Sorocaba

<b>Categorias</b>	<b>Riachos</b>
<b>Excelente</b>	Bairro Bacaetava (Bacaetava I) e Bairro Brigadeiro Tobias (Rua Francisco Roldão Sanches)
<b>Bom</b>	Jd. Pagliato (Rua Lituânia), Uniso (Rua Claudio Evaso), Estrada vicinal Sorocaba – Iperó (Ribeirão do Ferro), Vila Rica (Rua Eng. Paulo Spanghero) e Jd. Ipê (Rua Dorothy de Oliveira).
<b>Regular</b>	Jd. Europa (Água Vermelha), Jd. Maria Eugênia (Rua Atílio Silvano), Parque Chico Mendes (Av. Três de Março), Bairro Brigadeiro Tobias (Rua Paulo Varchavtchik) e Wanell Ville (Estrada do Ipatinga).
<b>Pobre</b>	Jd. Dos Estados (Rua Padre José Carlos Simões), Parque dos Espanhóis (Rua Ricardo Severo), Vila Assis (Rua Campos Sales), Ipanema das Pedras (Ipaneminha), Jd. Central Parque (Rua Com. Vicente do Amaral), Jd. Simus (Rua Alameda das Acácias), Estrada vicinal Sorocaba – Iperó (Córrego da Onça) e Bairro Bacaetava (Bacaetava II).
<b>Muito Pobre</b>	Jd. Europa (Av. Londres) e Jd. Prestes de Barros (Lava Pés).
<b>Sem Peixe</b>	Vila Jardini (Rua Bento Jequitinhonha), Jd. Barcelona (Rua Ricardo Severo), Além Ponte (Piratininga), Jd. Iguatemi (Rua Lins) e Jd. Paulistano (Rua Aclimação).

## Anexo II

Espécie do gênero *Bryconamericus* que ainda não apresenta classificação taxonômica a nível de espécie, corroborando a importância de estudos em grandes regiões urbanas.



Ambos os desenhos foram feitos pelo mestre e ilustrador científico Pedro Rodrigues Busana.